فصل ۲

ویژگی های فیزیکی مواد

از نیتروژن مایع در موارد بسیاری می توان استفاده کرد، مثلاً از آن به صورت متداولی در محیط های آزمایشگاهی و برودت شناسی استفاده می شود. از دیگر کاربردهای نیتروژن مایع می توان به عنوان خنک کننده در صنایع مختلف و همچنین کاربردهای پزشکی (به عنوان مثال حذف ضایعات پوستی) اشاره نمود. آشنایی با ویژگی های فیزیکی مواد در تمام شاخه های علوم، مهندسی و پزشکی اهمیت زیادی دارد. مطالعهٔ هر یک از حالت های ماده، منجر به کاربردهای فراوانی در فناوری، صنعت و زندگی روزمره شده است. شاره ها (واژه ای که برای مایع ها و گازها به کار می بریم) در بسیاری از جنبه های زندگی ما نقش مهمی دارند. جامدها بخش بزرگی از محیط فیزیکی پیرامون ما را می سازند و آنها را به هر شکلی که بخواهیم در می آوریم. خورشید، که به زمین نور و گرما می بخشد، از حالت چهارم ماده به نام پلاسما ساخته شده است.

۲-۱ حالت های ماده

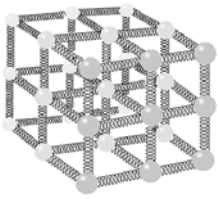
مواد از ذره های ریزی به نام اتم یا مولکول ساخته شده اند. **اندازهٔ اتم ها حدود یک تا چند انگستروم** $(1\dot{A} = 10^{-10}m)$ است و اندازهٔ مولکول ها بستگی به این دارد که از چند اتم ساخته شده باشند. اندازهٔ برخی از **درشت مولکول ها مانند بَسپار ها (پلیمرها)** می تواند تا ۱۰۰۰ انگسترم نیز باشد. ذره های سازندهٔ مواد **همواره در حرکت اند** و **به یکدیگر نیرو وارد می کنند. حالت ماده به چگونگی حرکت ذره ها و اندازهٔ نیروی بین آنها بستگی دارد.**

جامد: جسم جامد حجم و شکل معینی دارد. ذرات جسم جامد به سبب نیروهای الکتریکی کنار هم هستند و در مکان های معینی کنار هم قرار دارند و اطراف این مکان ها نوسان های بسیار کوچکی دارند. جامدها دو دسته هستند: **۱- جامد بلورین ۲- جامد بی شکل (آمورف)**

مایع: مولکول های مایع نظم و تقارن جامدهای بلورین را ندارند و به صورت نامنظم و نزدیک به هم قرار گرفته اند. مایع به راحتی جاری می شود و به شکل ظرف خودش در می آید. فاصلهٔ ذرات سازندهٔ مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک انگسترم است.

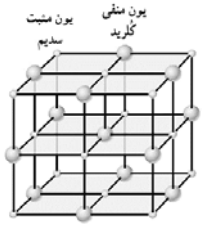
گاز: ماده ای است که شکل مشخصی ندارد. اتم ها و مولکول های آن آزادانه و با تندی بسیار زیاد به اطراف حرکت و با یکدیگر و با دیواره های ظرفی که در آن قرار دارند، بر خورد می کنند. فاصلهٔ میانگین مولکول های گاز در مقایسه با اندازهٔ آنها خیلی بیشتر است. مثلاً اندازهٔ مولکول های هوا بین ۱ تا ۳ انگسترم است، در حالیکه فاصلهٔ میانگین آنها در شرایط معمولی در حدود ۳۵ انگسترم است.

پلاسما: اغلب در دماهای خیلی بالا به وجود می آید. مادهٔ درون ستارگان، بیشتر فضای بین ستاره ای، آذرخش، شفق های قطبی، آتش و مادهٔ داخل لولهٔ تابان لامپ های مهتابی از پلاسما تشکیل شده اند. در حالت پلاسما، ماده شامل الکترون های آزاد، یون ها و اتم های خنثی است.

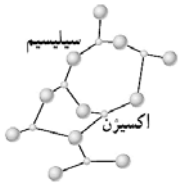


مدلی از ساختار یک جامد که از میلیاردها میلیارد بخش، مانند این تشکیل شده است.

- ✓ **جسم جامد با گرفتن گرما منبسط می‌شود و شکل خود را حفظ می کند.** وقتی جامدی مانند یک تکه آهن، گرما می گیرد، محدوده و دامنهٔ نوسان هایی که اتم های جامد داشته اند بیشتر می شود و جسم جامد منبسط می شود. برای درک بهتر معمولاً مدلی مطابق شکل مقابل ارائه می‌دهند و فرض می‌کنند که ذرات آن توسط فنرهایی به یکدیگر متصل اند. اگر این ذرات نسبت به وضعیت تعادل به هم نزدیکتر یا از هم دور تر شوند، نیروی کشسانی بین فنرها، آنها را به وضعیت تعادل بازمی‌گرداند و جسم جامد شکل و اندازهٔ اولیه‌اش را حفظ می‌کند.

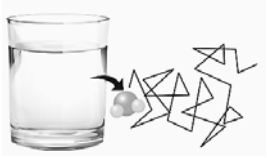


جامدهای بلورین: اتم های برخی از جامد ها در طرح های منظمی کنار هم قرار گرفته و جسم جامد در یک الگوی سه بعدی تکرار شونده از این واحدهای منظم، ساخته می‌شوند. به این جامدها، **جامد بلورین** می گویند. فلزها، نمک ها، الماس، یخ و بیشتر مواد معدنی جزو جامد های بلورین اند. وقتی مایعی را به آهستگی سرد کنیم، اغلب جامد های بلورین تشکیل می شود. در این فرایند سردسازی آرام، ذرات سازندهٔ مایع فرصت کافی دارند تا در طرح های منظم خود را مرتب کنند.



جامدهای بی شکل (آمورف): ذرات سازندهٔ جامدهای بی شکل، بر خلاف جامدهای بلورین، در طرح های منظمی کنار هم قرار ندارند. وقتی مایعی به سرعت سرد شود، معمولاً جامد بی شکل به وجود می آید. در این سرد سازی سریع، ذرات فرصت کافی ندارند تا در طرحی منظم، مرتب شوند. بنابراین در طرح نامنظمی که در حالت مایع داشتند، باقی می مانند. شیشه مثالی از یک جامد بی شکل است.

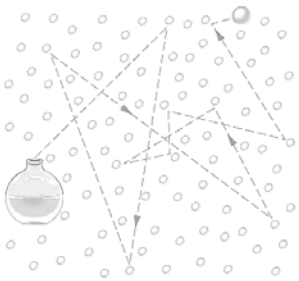
پدیدهٔ پخش در مایعات: اگر مقداری نمک را در یک لیوان آب بریزیم، پس از مدتی آب، شور می شود. اگر چند قطره جوهر را به آب درون لیوانی اضافه کنیم به تدریج رنگ آب تغییر می‌کند. به این پدیده ها، پخش ذرات نمک و جوهر در آب می گویند.



دلیل پدیدهٔ پخش در مایعات: به دلیل حرکت نامنظم و کاتوره ای (تصادفی) مولکول های آب و برخورد آنها با ذرات سازندهٔ نمک و جوهر این گونه مواد در آب پخش می شوند.

مثال: آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد فاصلهٔ مولکولها در گازها بیشتر از مایعات است؟(کتاب درسی)

پاسخ: یک سرنگ اختیار می‌کنیم، پیستون آن را می کشیم تا هوا وارد سرنگ شود. دهانهٔ خروجی سرنگ را مسدود می‌کنیم و پیستون را حرکت می دهیم تا هوای درون آن متراکم شود. بار دیگر همین آزمایش را با آب انجام می‌دهیم. هوای درون سرنگ را خالی می کنیم و سپس آن را تا نیمه پر از آب می کنیم. با مسدود کردن انتهای سرنگ، سعی در متراکم کردن مایع درون آن می کنیم. مشاهده می‌شود در حالی که سرنگ از هوا پر شده بود، با حرکت پیستون می‌توانستیم هوا را بسیار فشرده کنیم، ولی وقتی با آب پر شده بود عملاً نمی توان آن را متراکم کرد. که نشان می‌دهد فاصلهٔ بین مولکولهای گاز بیشتر از مایع است و مولکولها می توانند در حالت گاز به یکدیگر نزدیک‌تر شوند.



پدیدهٔ پخش در گازها: وقتی درِ شیشهٔ عطری را در گوشه ای از اتاق باز می کنید، پس از چند ثانیه ذرات عطر در همه جای اتاق پخش و بوی آن حس می شود. این رخ داد نشان می دهد که پدیدهٔ پخش در گازها نیز اتفاق می افتد.

دلیل پدیدهٔ پخش در گازها: ذرات هوا که با تندی بسیار زیادی در حرکت اند، (در دمای اتاق حدود $۵۰۰\frac{m}{s}$ است.) با برخورد به مولکول های عطر، سبب می شوند که مولکول های عطر در مدت چند ثانیه از یک سوی اتاق به سوی دیگر اتاق پراکنده شوند.

✓ از آنجا که تندی میانگین مولکول های مایع در مقایسه با تندی میانگین ذرات هوا بسیار اندک است و به عبارتی تنها روی هم می لغزند، پدیدهٔ پخش در گازها سریع تر از مایع انجام می شود.

تمرین ۱

۱-در هر مورد ویژگی های حالت ماده را بیان کنید.

الف) جامد:

ب) مایع:

پ) گاز:

ت) پلاسما:

۲-توضیح دهید چرا با دادن گرما به یک قطعهٔ فلزی آن قطعه منبسط می شود و شکل خود را حفظ می کند؟

۳-جامد بلورین را تعریف کنید. چگونگی تشکیل آن را توضیح دهید و چند جامد بلورین مثال بزنید.

۴- جامد بی شکل (آمورف) را تعریف کنید. چگونگی تشکیل آن را توضیح دهید و یک مثال از جامد بی شکل بزنید.

۵-پدیدهٔ پخش در مایعات را با ذکر یک مثال توضیح دهید و علت آن را بیان کنید.

۶-با انجام آزمایشی نشان دهید که گاز ها نسبت به مایعات بسیار تراکم پذیرترند.

۷-توضیح دهید چرا پدیدهٔ پخش در گازها سریع تر از مایع ها انجام می شود؟

۸-وقتی درِ شیشهٔ عطری را در گوشه ای از اتاق باز می کنید، پس از چند ثانیه ذرات عطر در همه جای اتاق پخش و بوی آن حس می شود. علت این پدیده را توضیح دهید و با رسم یک شکل ساده این پدیده را نشان دهید.

۹-جای خالی را با عبارت مناسب تکمیل کنید.

الف) اندازهٔ اتم ها حدود یک تا چند ... است.(نانو متر-انگسترم)

ب) ... (حالت ماده-اندازهٔ مولکول ها) به چگونگی حرکت ذره های ماده و اندازهٔ نیروی بین آنها بستگی دارد.

پ) حالت چهارم ماده ... (بَسپار-پلاسما) نامیده می‌شود و معمولاً در دماهای ... (بالا-پایین) به وجود می آید.

ت) اتم های ... (جامد-مایع) در مکان های مشخصی نسبت به یکدیگر قرار دارند و حول این مکان ها نوسان های کوچکی دارند.

ث) جامد های ... (بلورین-بی شکل) از سرد کردن سریع مایع به دست می آیند.

ج) اتم های جامد های ... (بلورین-بی شکل) در طرح های منظمی کنار هم قرار می گیرند.

چ) دلیل پخش ذرات نمک یا جوهر در آب حرکت کاتوره ای ... (مولکول های آب-مولکول های نمک یا جوهر) است.

ح) فاصلهٔ میانگین مولکول های هوا در حدود ... (۱ تا ۳-۳۵) انگستروم است.

۱۰-آزمایشی طراحی کنید که به وسیلهٔ آن بتوانیم اندازهٔ تقریبی مولکول های روغن را اندازه گیری کنیم؟

۱۱- اهمیت پدیدهٔ پخش در جو زمین، برای حیات روی کره زمین را توضیح دهید.(کتاب درسی)

۱۲-علت پدیده های زیر را بیان کنید.

الف) لیوانی را که پر از آب است، کج می‌کنیم و آب به راحتی از آن می ریزد.

ب) لیوان آب را کج می کنیم و سطح آب افقی می ماند.

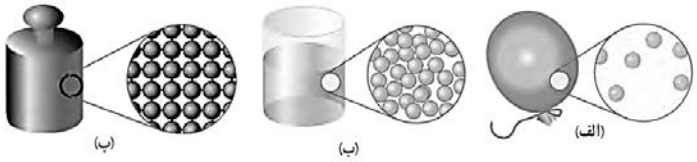
پ) قطرهٔ جوهر را در آب می اندازیم و همهٔ آب رنگ جوهر را می گیرد.

ت) بوی عطری که از یک شیشهٔ عطر منتشر می شود، همهٔ اتاق را فرا می گیرد.

۱۳-صنعتگران قلم زن، چگونه از شُل و سفت شدن قیر کمک می گیرند تا بدون سوراخ شدن فلز، بر روی آن نقش و نگارهای متنوعی ایجاد کنند؟(کتاب درسی)

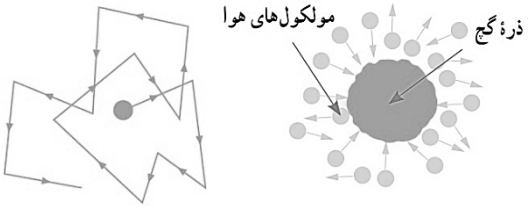
پاسخ: برای قلم زنی نخست داخل یا زیر ظرف یا سینی مورد نظر را که معمولاً از جنس نقره یا طلا است از محلول قیر و گچ پُر می‌کنند تا **سروصدای قلم کمتر به گوش برسد** و **همچنین مانع از سوراخ شدن ظرف در حین کار شود.** سپس نقش مورد نظر را روی ظرف رسم کرده و قلم مناسب را انتخاب کرده و روی سطح ظرف قرار می‌دهند و با چکش بر انتهای قلم می‌کوبند تا شیارها و نقش‌ها با تغییر شدت ضربه روی ظرف ایجاد شوند. به منظور جدا کردن قیر از بوم‌های فلزی تخت، قیر را سرد می‌کنند و می‌شکنند. اما در بوم‌های مدور و گلدانی شکل، قیر را حرارت می‌دهند و جدا می‌کنند.

۱۴-دریافت خود را از شکل های مقابل بر اساس مفاهیمی که از سه حالت معمول ماده فراگرفته اید بیان کنید.(کتاب درسی)



۱۵-توضیح دهید از سه حالت مختلف ماده در چه بخش هایی از یک دوچرخه به چه دلیلی استفاده شده است؟(کتاب درسی)

۱۶-هنگام پاک کردن تختهٔ سیاه، ذرات گچ به طور نامنظم در هوای اطراف پراکنده شده و حرکت می کنند. این حرکت نامنظم ذرات گچ، مطابق شکل روبه رو مدل سازی شده است. الف) چه عاملی باعث حرکت نامنظم ذره های گچ می شود؟ ب) مولکول های هوا بسیار کوچک تر و و سبک تر از ذره های گچ هستند و توسط میکروسکوپ هم دیده نمی شوند. توضیح دهید چگونه این تجربهٔ ساده، شاهدی بر وجود مولکول های هواست. (کتاب درسی)



۱۷-یک بادکنک پر از باد، حتی اگر دهانهٔ آن نیز کاملاً بسته شده باشد، باز هم رفته رفته کم باد می شود.(کتاب درسی)

۲-۲ نیروهای بین مولکولی

متراکم کردن آب درون سرنگ عملاً امکان پذیر نیست. برای توجیه پدیده هایی مشابه این، باید به نیروهای بین مولکولی در یک مایع توجه کنیم.

- ✓ نیروهای بین مولکولی کوتاه بُرد هستند، یعنی وقتی فاصلهٔ بین مولکول ها چند برابر فاصلهٔ بین مولکولی شود، نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملاً صفر خواهند شد.

تأثیر فاصلهٔ بین مولکولی در جاذبه یا دافعه بودن نیروهای بین مولکولی

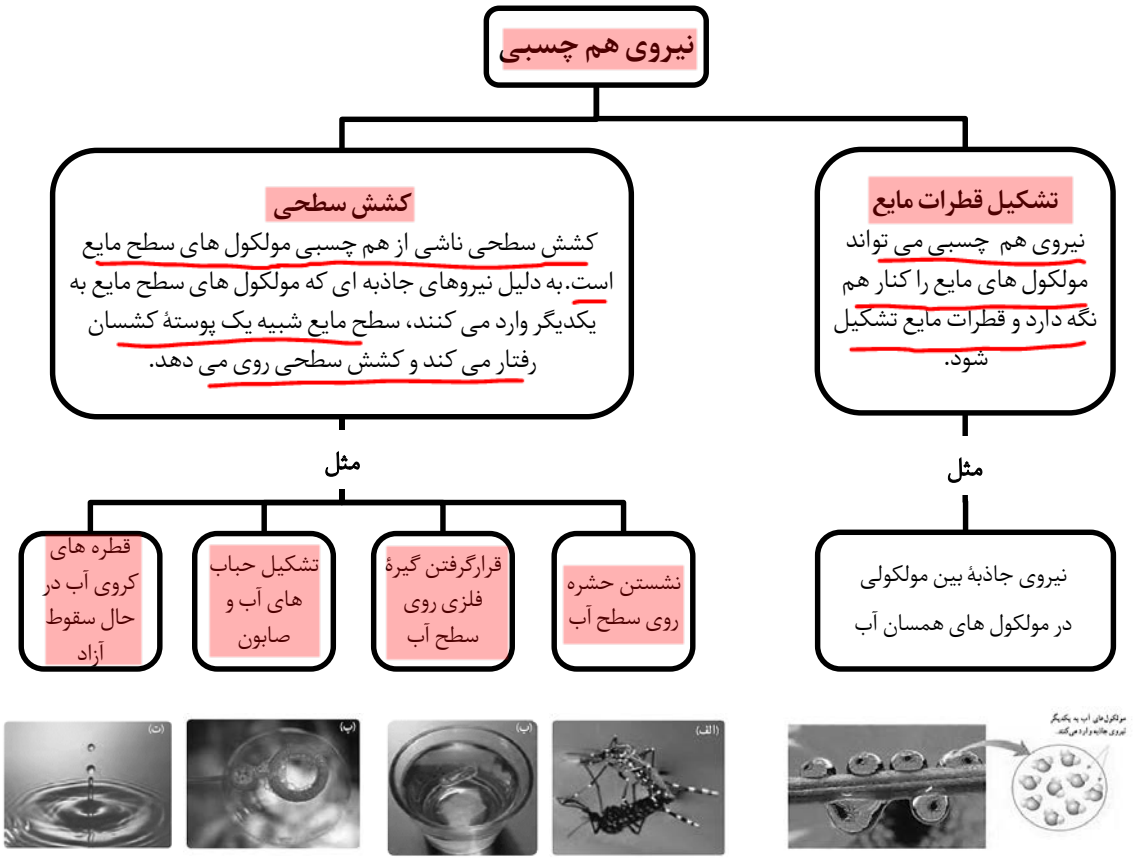
نیروهای بین مولکولی در فواصل کم (در مقایسه با فاصلهٔ بین مولکولی) **دافعه** و در فواصل کمی بیشتر (در مقایسه با فاصلهٔ بین مولکولی) **جاذبه** هستند.

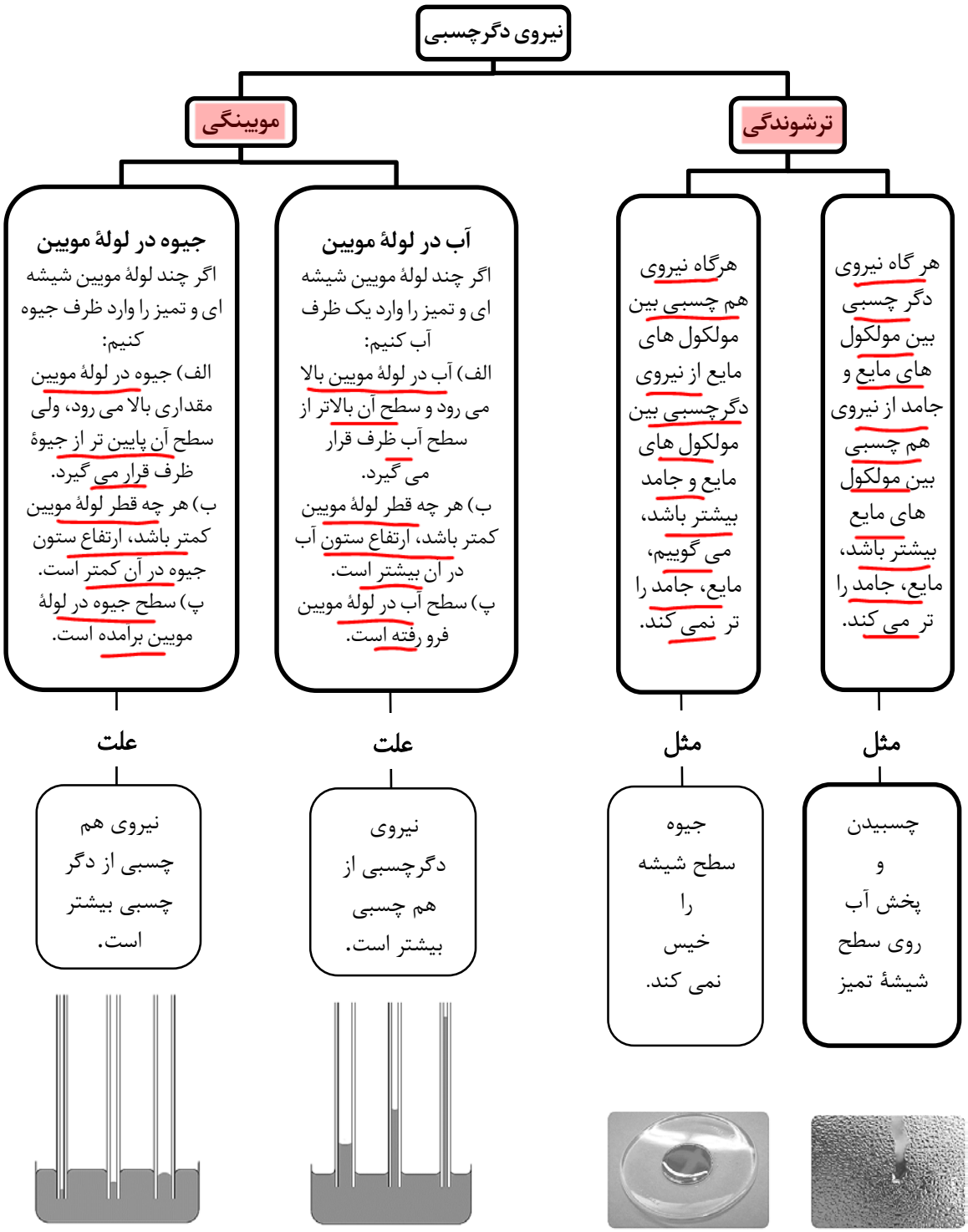
جاذبه یا دافعه بودن نیروی بین مولکولی در مایع

وقتی سعی می کنیم **فاصلهٔ** بین مولکول های مایع را **کم کنیم** نیروی **دافعهٔ بزرگی** بین آنها ظاهر می شود که از **تراکم پذیری مایع جلوگیری می کند**. وقتی **فاصلهٔ** بین مولکول های مایع را **کمی زیاد کنیم**، نیروی **جاذبهٔ بین آنها** ظاهر می شود. این جاذبه در قطرهٔ آب آویزان از شاخهٔ درخت دیده می شود.

نیروهای هم چسبی و دگر چسبی

نیروی جاذبهٔ بین مولکول های همسان را نیروی **هم چسبی** و نیروی جاذبهٔ بین مولکول های ناهمسان را نیروی **دگرچسبی** می نامند. هر یک از نیروهای هم چسبی و دگرچسبی اثرات جالبی دارند که در نمودارهای بعدی بیان شده اند.





- ✓ با کشش سطحی می‌توان توضیح داد که چرا قطره هایی که آزادانه سقوط می کنند تقریباً کروی اند. به ازای حجمی معین، کره نسبت به هر شکل هندسی دیگری،کوچکترین مساحت سطح را دارد. سطح قطره ای که آزادانه سقوط می کند مانند یک پوستهٔ کشیده شده، تمایل به کمینه کردن مساحتش دارد بنابراین به صورت یک قطرهٔ کروی سقوط می کند.
- ✓ لوله هایی که قطر داخلی آنها حدود یک دهم میلی متر باشد، معمولاً لولهٔ مویین نامیده می شوند. واژهٔ مویین به معنی «مو مانند» است.
- ✓ جیوه روی سطح شیشه به صورت قطره در می آید. اگر قطره کوچک باشد به شکل کره نزدیکتر است، ولی هر چه قطره بزرگ تر باشد نیروی گرانش زمین، آن را تخت تر می کند.

- ✓ اثر مویینگی در لوله های با قطر داخلی بزرگ تر از لوله های مویین نیز قابل مشاهده است. (شکل های زیر)

- ✓ توانایی حوله در جذب آب، با کشیدن آن به داخل مجراهای باریکی که بین تار و پود پارچه وجود دارند و توانایی خاک در کشیدن آب به داخل منافذی که بین ذرات کوچک و به هم فشردهٔ آن وجود دارند، از نمونه های متداول مویینگی هستند.

مثال: وقتی شیشه می شکند با نزدیک کردن قطعه های آن به هم نمی توان اجزای شیشه را دوباره به هم چسباند؛ ولی اگر قطعه های شیشه را آن قدر گرم کنیم که نرم شوند می توان آنها را به هم چسباند. این پدیده ها را با توجه به کوتاه بُرد بودن نیروهای بین مولکولی توجیه کنید.(کتاب درسی)

پاسخ: نیروهای بین مولکولی کوتاه برد هستند، وقتی قطعه های یک شیشهٔ شکسته را به هم نزدیک می کنیم همچنان فاصلهٔ بین مولکول های قسمت شکسته شده مربوط به هر قطعه با قطعهٔ دیگر بسیار بیشتر از ابعاد یک مولکول شیشه است و نیروهای بین مولکولی در این فاصله عمل نمی کنند. با گرم کردن شیشه و نرم شدن آن ، فاصلهٔ بین مولکول های مجاور دو قطعه به چند مولکول می رسد و نیروهای بین مولکولی عمل می کنند و دو قطعه به هم می چسبند.

مثال: یک سوزن ته گرد را روی سطح آب شناور می کنیم. الف) با رسم یک شکل ساده، نحوهٔ قرار گیری این قطعه را بر روی سطح آب نشان دهید. ب) اگر یکی دو قطره مایع شوینده را به آرامی به آب درون ظرف بیفزایید، چه اتفاقی می افتد؟ توضیح دهید. (بر اساس کتاب درسی)

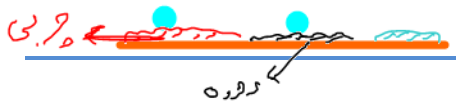
ب) با اضافه شدن مایع شوینده، هم چسبی بین مولکول های آب کم شده و کشش سطحی کم شده و سوزن در آب فرو می رود.

مثال: شکل مقابل خروج قطره های روغن با دمای متفاوت را از دهانهٔ دو قطره چکان نشان می دهد. الف) توضیح دهید در کدام شکل دمای قطر ه های روغن کمتر است؟ ب) افزایش دما چه تأثیری بر نیروی هم چسبی مولکو ل های یک مایع می گذارد؟ پ) چرا هنگام شستن ظروف، افزون بر استفاده از مایع ظرف شویی، ترجیح می دهیم از آب گرم نیز استفاده کنیم؟ (کتاب درسی)

الف) با افزایش دما، هم چسبی را کم می کند. بنابراین با افزایش دما تعداد مولکول های روغنی که در یک قطره روغن می توانند کنار هم قرار بگیرند کم می شود و اندازهٔ قطره روغن کم می شود. پس شکل سمت چپ، دمای روغن کمتر است.
ب) کاهش می دهد. پ) با افزایش دما، اندازه لکه های روغن کوچکتر شده و راحت تر پاک می شوند.

مثال: الف) اگر چند قطره آب روی یک شیشهٔ دود اندود شده توسط شعلهٔ شمع بریزیم، آنچه اتفاق می افتد را با ذکر دلیل بیان کنید. ب) اگر چند قطره آب را روی یک شیشه که سطح آن با روغن چرب شده بریزیم، آنچه اتفاق می افتد را با ذکر دلیل بیان کنید. (کتاب درسی)

در هر دو مورد به علت تمیز شدن، چیزی بین آب و دوده یا بین آب و چربی از هم چسبی بین مولکول های آب، آب به دوده یا چربی نمی چسبد و به صورت قطره درمی آید.



تمرین ۲

۱۸-مفاهیم زیر را تعریف کنید.

الف) نیروی هم چسبی:

ب) کشش سطحی:

پ) نیروی دگر چسبی:

۱۹-جای خالی را با عبارت مناسب تکمیل کنید.

الف) نیروی بین مولکول های مایع در حالت های عادی به صورت ... (ربایشی-رانشی) است ولی اگر مولکول ها خیلی به هم نزدیک شوند این نیرو به صورت ... (ربایشی-رانشی) در می آیند.

ب) مایع ها ... (تراکم پذیرند-تراکم ناپذیرند) زیرا نیروی بین مولکولی در فاصلهٔ خیلی نزدیک ...(رانشی-ربایشی) است.

پ) تشکیل قطره های آب، نشان دهندهٔ وجود نیروی ... (هم چسبی-دگرچسبی)مولکول هاست. پدیدهٔ ... (کشش سطحی-مویینگی) نیز در اثر همین نیرو مشاهده می‌شود.

ت) نیروی جاذبهٔ بین مولکول های هم نوع را نیروی ... (هم چسبی-دگر چسبی) و نیروی جاذبهٔ بین مولکول های غیر هم نوع را نیروی ... (هم چسبی-دگر چسبی) می گوییم.

ث) خاصیت مویینگی آب در لولهٔ مویین شیشه‌ای تمیز در اثر قوی تر بودن نیروی ... (هم چسبی-دگر چسبی) آب و شیشه، نسبت به نیروی ... (هم چسبی-دگر چسبی) مولکول های آب است.

ج) درون لولهٔ مویین، سطح آب به شکل ... (فرورفته-برآمده) و از سطح آب در ظرف ... (بالاتر-پایینتر) است و هرچه لوله باریک تر باشد سطح آب در آن ... (بالاتر-پایینتر) است.

چ) درون لولهٔ شیشه‌ای باریک (مویین) سطح جیوه به شکل ... (فرورفته-برآمده) و از سطح جیوه در ظرف ... (بالاتر-پایینتر) است و هرچه لوله باریک تر باشد سطح جیوه در آن ... (بالاتر-پایینتر) است.

ح) اگر به آب، مایع ظرفشویی یا صابون اضافه کنیم نیروی ... (همچسبی-دگرچسبی) بین مولکول های آن کاهش می یابد، در نتیجه قدرت نفوذ آب به منافذ لباس ها ... (بیشتر-کمتر) می شود و قدرت پاک کنندگی آب افزایش می یابد.

خ) شناور شدن سوزن بر سطح آب به دلیل ... (کشش سطحی-تفاوت چگالی) است و قرار گرفتن یک کشتی، بر روی آب به این دلیل است که چگالی کشتی از چگالی آب ... (بیشتر-کمتر) است.

د) نیروهای بین مولکولی ... (کوتاه برد-بلند برد) هستند، یعنی وقتی فاصلهٔ مولکول ها چند برابر فاصلهٔ بین مولکولی می شود، نیروهای بین مولکولی بسیار ... (قوی-ضعیف) می شود.

ذ) در آوندهای گیاهان، آب و مواد غذایی بر اساس خاصیت ... (مویینگی-کشش سطحی) بالا می روند.

ر) وقتی سطح شیشه چرب شود، آب روی آن به صورت ... (پخش شده-قطره) در می آید، زیرا نیروی دگرچسبی ... (بیشتر-کمتر) از نیروی هم چسبی می شود.

۲۰-در هر مورد توضیح کوتاهی بر اساس نیروهای بین مولکولی بیان کنید.

الف) کروی بودن قطرات باران:

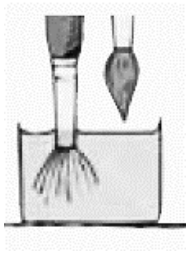
ب) اثر دما بر اندازهٔ قطره های روغن:

۲۱-توضیح دهید اگر مقدار بیشتری از لولهٔ مویین درون مایع قرار گیرد، در ارتفاع مایع درون لوله چه تغییری ایجاد می شود؟

۲۲-آزمایشی طراحی کنید که در آن سطح آب داخل لولهٔ مویین برآمده باشد و ارتفاع آب درون لولهٔ مویین پایین تر از سطح آب درون ظرف باشد.

۲۳-تحقیق کنید در معماری سنتی ایران به جای قیراندود کردن، چگونه از نفوذ آب به داخل سازه ها جلوگیری می کردند؟ (کتاب درسی)

پاسخ: با ترکیبی از خاک رس و آهک، گِلی سفت می ساختند و آن را چند روز وَرز می دادند. از این گِل که **ساروج** نامیده می شد برای ساخت بناهایی که در معرض آب بودند استفاده می کردند.

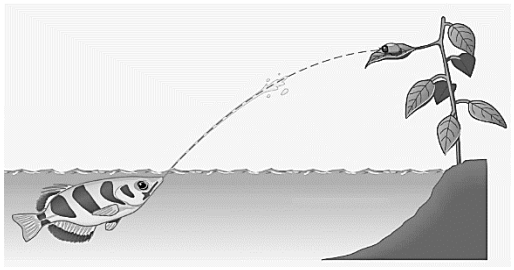


۲۴-توضیح دهید چرا وقتی قلم مویی را از آب بیرون می کشیم، موهای آن به هم می چسبند؟ (کتاب درسی)

پاسخ: وقتی قلم مو را از آب بیرون می کشیم، نیروی هم چسبی مولکول های آب سبب می‌شود تا لایه ای از آب در اطراف موهای قلم تشکیل شود و موهای قلم به یکدیگر بچسبند.

۲۵-الف)شکل مقابل دو لولهٔ مویین هم جنس را نشان می دهد که درون مایعی قرار دارند. چرا ارتفاع مایع درون لولهٔ b از لولهٔ دیگر کمتر است؟ ب) با توجه به شکل، نیروی هم چسبی مایع را با نیروی دگرچسبی مایع و لوله های مویین مقایسه کنید. (کتاب درسی)

۲۶-چرا بادهای نسبتاً ضعیف قادرند توده های بزرگی از ریزگردها را به حرکت درآورند، در حالی که توفان های شدید دریایی تنها مقدار اندکی آب را به صورت قطره های ریز به طرف بالا می پاشند؟(کتاب درسی)



۲۷-نوعی ماهی به نام ماهی کمان گیر با جمع کردن آب در دهان خود و پرتاب آن به سوی حشراتی که در بیرون از آب، روی گیاهان نشست هاند، آنها را شکار می کند و می خورد. کدام ویژگی فیزیکی آب این امکان را به ماهی کمان گیر برای شکار می دهد؟ (کتاب درسی)

۲۸-چه تعداد از موارد زیر، نمونه هایی از وجود کشش سطحی در آب هستند؟

الف) کروی بودن قطره های آب در سقوط آزاد

ب) تشکیل حباب های آب و صابون

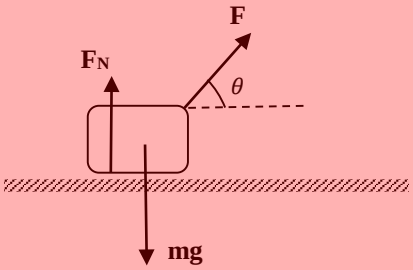
پ) تر شدن سطح شیشهٔ تمیز توسط آب

ت) قرار گرفتن گیرهٔ فلزی روی سطح آب

ث) بالا رفتن آب در لولهٔ مویین

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

نیروی عمودی تکیه گاه

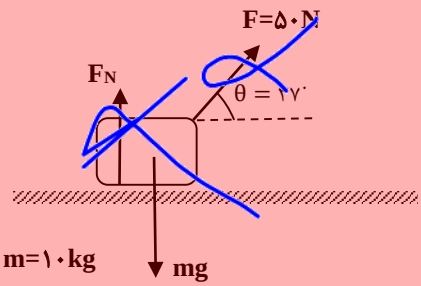


هرگاه جسمی روی یک سطح قرار گیرد، از طرف سطح در راستای عمود بر سطح به جسم نیرویی به طرف خارج سطح وارد می شود، که به آن نیروی عمودی سطح می‌گویند و با F_N نمایش می دهند. برای محاسبهٔ این نیرو، وقتی مطابق شکل جسمی روی یک سطح قرار دارد و به آن نیروهایی وارد می شود، به مؤلفه های عمود بر سطحِ نیروهای وارد بر جسم و چگونگی حرکت جسم و سطح در راستای عمود بر سطح توجه داریم. وقتی جسم و سطح در راستای عمود بر سطح شتاب نداشته باشند، برایند نیروهای عمود بر سطح (عمود بر سطح $\sum F$) برابر صفر است و طبق قانون دوم نیوتون، داریم:

$$\sum F_{\text{عمود بر سطح}} = ma \xrightarrow{a=0} F\sin\theta + F_N - mg = 0 \rightarrow F_N = mg - F\sin\theta$$

مثال: در شکل های الف و ب نیروی عمودی تکیه گاه وارد بر جسم از طرف سطح تکیه گاه را محاسبه کنید. $g=10\frac{m}{s^2}$ و $\sin 37 = 0/6$

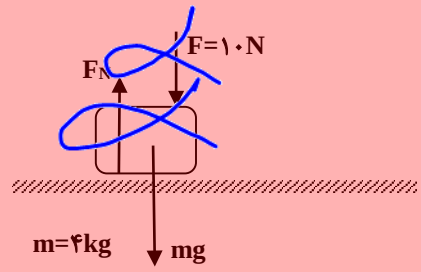
الف)



اگر جسمی به جرم m روی یک سطح افقی قرار داشته باشد، نیروی که به سطح تکیه گاه خودش وارد می‌کند هم اندازه وزن خودش است.

وزن = m × g

ب)



۳-۲ فشار و فشار در شاره ها

اندازهٔ نیروی عمود بر واحد سطح را **فشار** می گویند. فشار کمیتی عددی است. فشار را با حرف P نمایش می دهند. اگر اندازهٔ نیروی عمود بر سطح را با F_N و مساحت سطح را با A نمایش دهیم داریم:

$$P = \frac{F_N}{A}$$

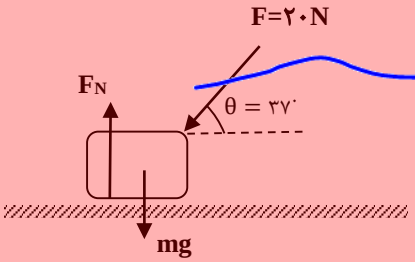
یکای SI فشار نیوتون بر متر مربع ($\frac{N}{m^2}$) است که به آن پاسکال می‌گویند و با Pa نمایش می دهند.

- ✓ یکی از تبدیل یکاهای پر کاربرد، تبدیل یکای cm^2 به m^2 است و $1\ cm^2 = 10^{-4}m^2$ است.
- ✓ وقتی جسمی روی یک سطح قرار می گیرد، سطح تکیه گاه به جسم نیروی F_N را وارد می کند و طبق قانون سوم نیوتن، واکنش آن (F'_N) از طرف جسم، به سطح تکیه گاه وارد می شود، بنابراین برای محاسبهٔ فشاری که جسم به سطح تکیه گاه وارد می کند، باید نیروی عمودی تکیه گاه (F_N) را محاسبه کرد.

مثال: جسمی به جرم ۵kg روی یک سطح افقی قرار دارد. مساحت سطح تماس جسم با سطح افقی ۲۰ cm^2 است. فشاری که جسم به سطح تماس وارد می کند، چند پاسکال است؟ $g=10\frac{m}{s^2}$

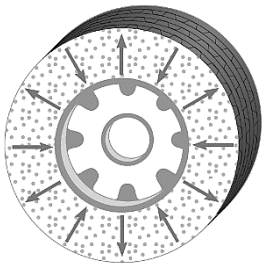
$$P=\frac{mg}{A}=\frac{5\times10}{20\times10^{-4}}=\frac{5}{2}\times10^4=2.5\times10^4=25000\ Pa$$

مثال: در شکل مقابل، جرم جسم ۵kg و مساحت سطح تماس آن با سطح تکیه گاه ۲۰ cm^2 است. فشاری که جسم به سطح تماس وارد می کند چند پاسکال است؟ $g=10\frac{m}{s^2}$ و $\sin 37^\circ = 0/6$

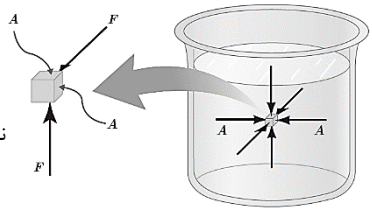


فشار در شاره ها (مایع و گاز)

یک شارهٔ ساکن، به هر سطحی که با آن در تماس است، مانند جدارهٔ یک ظرف یا سطح جسمی که در شاره غوطه ور است، **نیرویی عمودی** وارد می کند. مطابق شکل های زیر:



برخورد مولکو ل های هوای درون لاستیک به سطح داخلی آن سبب ایجاد نیروی عمودی می شود



به هر نقطه از سطح جسم غوطه ور در شاره(آب) نیرویی عمودی وارد می شود.

این نیرو سبب می شود که در شاره ها هم به بررسی فشار بپردازیم.

محاسبهٔ فشار در شاره ها (مایع و گاز)

در شکل (الف)، بخشی از شاره به به ارتفاع h که بین دو سطح فرضی با مساحت مقطع A قرار دارد، نشان داده شده است و در شکل (ب)، نیروهایی که در راستای قائم به این بخش از شاره وارد می شود، نشان داده شده است. چون شاره ساکن است، برآیند این نیروها صفر است،

بنابراین: $F_2-F_1-mg=0\rightarrow F_2=F_1+mg$ قانون دوم نیوتون

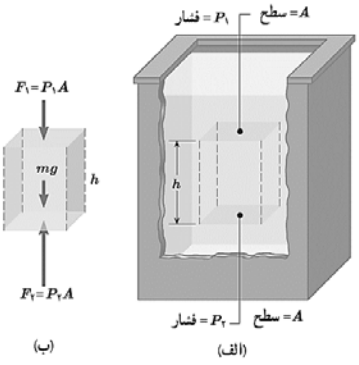
با توجه به رابطهٔ فشار ($P=\frac{F}{A}$) می توانیم به جای F عبارت $P\times A$ را در هر مورد، جایگذاری کنیم:

$$P_2A=P_1A+mg$$

حجم قسمت مشخص شده از شاره برابر $V=A\times h$ است. اگر چگالی شاره ρ باشد، داریم:

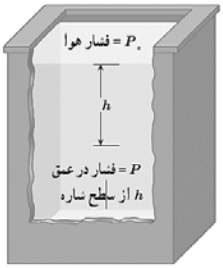
$$\rho=\frac{m}{V}\rightarrow m=\rho V\rightarrow m=\rho\times Ah$$

بنابراین: $P_2A=P_1A+\rho Ahg\rightarrow P_2=P_1+\rho gh$



P_2 فشار شاره در نقطهٔ ۲ و P_1 فشار شاره در نقطهٔ ۱ است. اگر نقطهٔ ۱ را سطح شاره که با هوا در تماس است، در نظر بگیریم و فشار هوا در این سطح را با P_0 و فشار در عمق h از سطح شاره را با P نمایش دهیم، داریم:

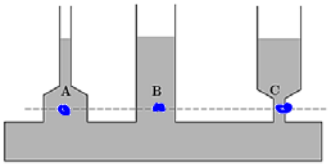
$$P=\rho gh+P_0$$



این رابطه نشان می دهد، فشار در عمق h از سطح شاره به اندازهٔ ρgh از فشار P_0 در سطح شاره بیشتر است. در این رابطه چگالی (ρ)، با یکای $\frac{kg}{m^3}$ ، شتاب جاذبهٔ گرانشی (g)، با یکای $\frac{m}{s^2}$ و فاصله تا سطح شاره (h)، با یکای متر (m) وارد می شود تا فشار بر حسب پاسکال (Pa) به دست آید.

- ✓ رابطهٔ به دست آمده هم برای **مایع ها** و هم برای **گازها** معتبر است.
- ✓ در مایع ها، نیرویی که به سطوح وارد می شود، بیشتر ناشی از وزن مایع است.
- ✓ در گازها به ویژه در ظرف ها و مخزن های کوچک، مانند شکل مقابل، به علت چگالی کم گازها، نیرویی که گاز به سطوح وارد می کند، بیشتر ناشی از برخورد مولکول های گاز با آنها است.

- ✓ اختلاف فشار بین دو نقطه از شاره از رابطهٔ مقابل محاسبه می شود: $\Delta P = \rho g \Delta h$
- ✓ با توجه به اینکه چگالی گازها خیلی کم است، در محفظه های کوچک گاز، مانند شکل مقابل، اختلاف فشار در نقاط مختلف داخل محفظه ناچیز است.
- ✓ در رابطهٔ $P = \rho g h + P_0$ ، به P معمولاً **فشار کل** یا **فشار مطلق** می گویند.
- ✓ با توجه به رابطهٔ $\rho g h$ در شاره ها و شکل مقابل در می یابیم:



۱- فشار با فاصله از **سطح شاره** نسبت مستقیم دارد.

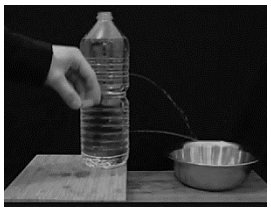
۲- فشار به **شکل ظرف** و **مساحت کف ظرف** حاوی شاره **بستگی ندارد.**

۳- در نقاط هم تراز در یک شاره، فشار شاره یکسان است.

مثال: مساحت هر پنجرهٔ یک زیردریایی تفریحی $۰/۵\,m^۲$ است. فشار آب در محلی که زیردریایی قرار گرفته است ۹×۱۰^۵ Pa است. بزرگی نیرویی که آب بر سطح خارجی یکی از این پنجره ها وارد می کند، چند نیوتون است؟(بر اساس کتاب درسی)

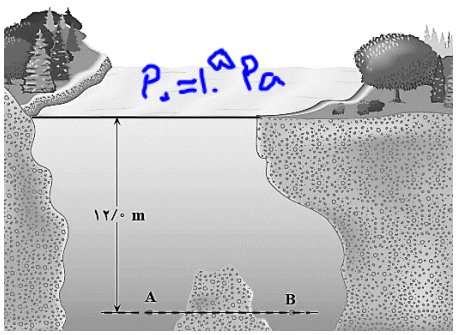
$$P = \frac{F}{A} \rightarrow ۹\times۱۰^۵ = \frac{F}{۰/۵} \rightarrow F = ۴/۵\times۱۰^۵\ N$$

مثال: آزمایشی طراحی و اجرا کنید که نشان دهد با افزایش عمق در یک شاره، فشار شاره افزایش می یابد؟(بر اساس کتاب درسی)



در عمق های مختلف از یک بطری پلاستیکی پر از آب سوراخ ایجاد می کنیم. مطابق شکل مشاهده می شود از عمق های بیشتر، آب با فشار بیشتری خارج می شود.

مثال: نقاط A و B در عمق یکسانی (۱۲m)، از سطح آب یک دریاچه قرار گرفته اند. فشار در نقطهٔ A چه قدر است؟در نقطهٔ B چطور؟ $P_0 = ۱۰^۵\ Pa$ ، $\rho_{آب} = ۱۰۰۰\ \frac{kg}{m^۳}$ و $g=۱۰\ \frac{m}{s^۲}$ (کتاب درسی)



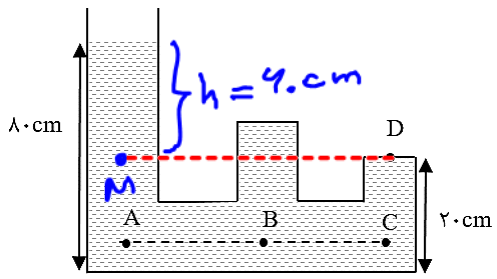
$P_A = \rho g h + P_0 = ۱۰۰۰\times۱۰\times۱۲ + ۱۰^۵$

$P_A = ۱/۲\times۱۰^۵ + ۱۰^۵ = ۲/۲\times۱۰^۵\ Pa$

نقاط A و B هم تراز در یک مایع هستند $\Rightarrow$

$P_B = P_A = ۲/۲\times۱۰^۵\ Pa$

مثال: در ظرفی مطابق شکل، آب با چگالی $۱۰۰۰\ \frac{kg}{m^۳}$ ریخته ایم. الف) فشار آب را در نقاط A و B و C با هم مقایسه کنید. ب) فشار ناشی از آب را در نقطهٔ D محاسبه کنید. $g=۱۰\ \frac{m}{s^۲}$



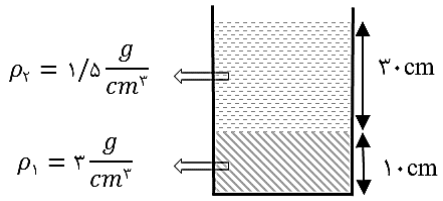
الف) $P_A = P_B = P_C$ نقاط A و B و C هم تراز در یک مایع هستند

ب) $P_D = P_M = \rho g h = ۱۰۰۰\times۱۰\times۰/۶ = ۶۰۰۰\ Pa$

مثال: الف) شناگری در عمق ۵ متری آب دریاچه ای شنا می کند. فشار ناشی از آب و همچنین فشار کل در این عمق چند پاسکال است؟
ب) اگر مساحت پردهٔ گوش $1cm^2$ باشد، بزرگی نیرویی که به پردهٔ گوش این شناگر وارد می شود، چند نیوتون است؟
$P_0 = 10^5\ Pa$ ،$\rho_{آب} = 1000\ \frac{kg}{m^3}$ و $g=10\ \frac{m}{s^2}$ (بر اساس کتاب درسی)

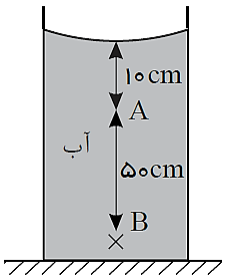
الف) $P_{آب} = \rho gh = 1000 \times 10 \times 5 = 50000\ Pa$
$P_{کل} = \rho gh + P_0 = 50000 + 10^5 = 150000\ Pa$
ب) $P = \frac{F}{A} \rightarrow 150000 = \frac{F}{1 \times 10^{-4}} \rightarrow F = 15\ N$

مثال: در شکل مقابل فشار ناشی از دو مایع در کف ظرف چند پاسکال است؟ $g=10\ \frac{m}{s^2}$



$P_{کف} = \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2 = 3000 \times 10 \times 0.1 + 1500 \times 10 \times 0.3$
$P_{کف} = 3000 + 4500 = 7500\ Pa$

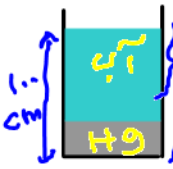
مثال: در شکل مقابل، فشار در نقطهٔ B چند برابر فشار در نقطهٔ A است؟ (سراسری-۸۹)
$\rho_{آب} = 1\ \frac{g}{cm^3}$ ، $P_0 = 9/9 \times 10^4 Pa$ و $g=10\ \frac{m}{s^2}$



$\frac{P_B}{P_A} = \frac{\rho gh_B + P_0}{\rho gh_A + P_0} = \frac{1000 \times 10 \times 0.6 + 99000}{1000 \times 10 \times 0.1 + 99000} = \frac{105000}{100000}$
$\frac{P_B}{P_A} = \frac{105}{100} = \frac{21}{20}$

۱) $\frac{6}{5}$
۲) $\frac{5}{4}$
۳) $\frac{20}{19}$
۴) $\frac{21}{20}$

مثال: در یک ظرف استوانه ای مقدار ۴۰۰g جیوه و ۱۰۰۰g آب ریخته ایم. مجموع ارتفاع این دو مایع در ظرف ۱۰۰cm است. فشار ناشی از دو مایع در کف ظرف چند پاسکال است؟ $\rho_{آب} = 1000\ \frac{kg}{m^3}$ ، $\rho_{جیوه} = 13600\ \frac{kg}{m^3}$ و $g=10\ \frac{m}{s^2}$



$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1 \times V_1}{13.6 V_2} \rightarrow \frac{1000}{400} = \frac{10}{13.6} \times \frac{A \times h_1}{A \times h_2} \rightarrow$
$\frac{10}{4} = \frac{10}{13.6} \times \frac{h_1}{h_2} \rightarrow \frac{h_1}{h_2} = 3.4$ ، $h_1 + h_2 = 100\ cm$
$3.4 h_2 + h_2 = 100 \rightarrow h_2 = \frac{100}{4.4}\ cm$ ، $h_1 = \frac{3.4}{4.4} \times 100\ cm$
$P_{مایع} = \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2 = 1000 \times 10 \times \frac{3.4}{4.4} + 13600 \times 10 \times \frac{1}{4.4}$
$P_{مایع} = 13600\ Pa$

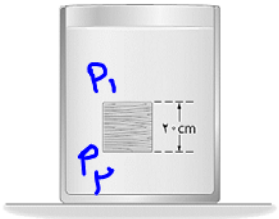
فرض کنیم دو مایع مخلوط شده اند.
$\rho_{مخلوط} = \frac{1000 + 400}{\frac{1000}{1} + \frac{400}{13.6}} = \frac{1400 \times 13.6}{1400} = 13.6\ \frac{g}{cm^3}$
$P_{مایع} = \rho_{مخلوط} gh_{کل} = 13600 \times 10 \times 1$
$P_{مایع} = 136000\ Pa$

مثال: دو مایع A و B را که چگالی آنها $\rho_A = 1/2\ \frac{g}{cm^3}$ و $\rho_B = 0/6\ \frac{g}{cm^3}$ است را با یکدیگر مخلوط کرده و در یک ظرف استوانه ای می ریزیم. اگر $\frac{1}{3}$ حجم مخلوط از مایع A و بقیهٔ آن از مایع B و ارتفاع مخلوط در ظرف ۷۵ سانتی متر باشد، فشار وارد از طرف مخلوط بر کف ظرف چند پاسکال است؟ $g=10\ \frac{m}{s^2}$ (سراسری-۹۵)

۱) ۶۰۰۰
۲) ۶۷۵۰
۳) ۹۰۰۰
۴) ۹۷۵۰

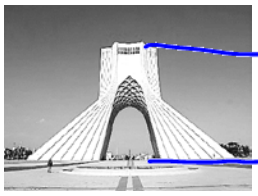
$\rho_{مخلوط} = \frac{1.2 + 0.6 + 0.6}{3} = 0.8\ g/cm^3$
$P_{مایع\ مخلوط} = 800 \times 10 \times \frac{75}{100} = 800 \times \frac{3}{4} = 6000\ Pa$

مثال: جسمی مکعبی به طول ضلع ۲۰cm درون شاره ای غوطه ور و در حال تعادل است (شکل مقابل). فشار در بالا و زیر جسم به ترتیب برابر ۱۰۰ و ۱۰۵ کیلوپاسکال است. چگالی شاره چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ $g=10\ \frac{m}{s^2}$ (کتاب درسی)



$P_2 - P_1 = \rho g \Delta h \rightarrow 105000 - 100000 = \rho \times 10 \times 0.2$
$5000 = 2\rho \rightarrow \rho = 2500\ kg/m^3$

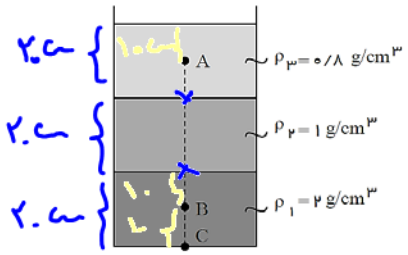
مثال: اختلاف بین فشار هوای بالا و پایین برج آزادی، با ارتفاع ۴۵ متر چقدر است؟ چگالی هوا را تقریباً $1\frac{kg}{m^3}$ در نظر بگیرید. $g=10\frac{m}{s^2}$ (کتاب درسی)



$P_2 - P_1 = \rho g \Delta h$

$\Delta P = 1 \times 10 \times 45 = 450\ Pa$

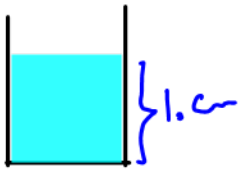
مثال: در شکل زیر، سه مایع مخلوط نشدنی با چگالی های مشخص، قرار دارد و ارتفاع هر لایه از مایع ها ۲۰cm است. اگر AB=۴۰cm و BC=۱۰cm باشد، اختلاف فشار بین دو نقطهٔ A و B چند پاسکال است؟ $g=10\frac{m}{s^2}$ (خارج از کشور-۹۹-تجربی)



$P_B - P_A = 800 + 2000 + 2000 = 4800\ Pa$

۱) ۱۶۰۰
۲) ۲۶۰۰
۳) ۳۸۰۰ ✓
۴) ۴۸۰۰

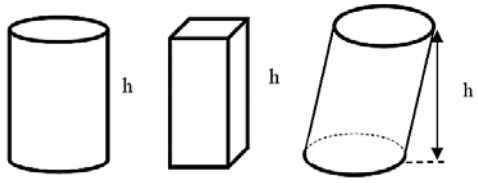
مثال: مساحت کف ظرفی $200\ cm^2$ است و در ظرف تا ارتفاع ۱۰ cm مایعی به چگالی $3000\frac{kg}{m^3}$ ریخته ایم. نیرویی که مایع به کف ظرف وارد می کند چند نیوتون است؟ $g=10\frac{m}{s^2}$



$P_{مایع} = \rho g h = 3000 \times 10 \times 0/1 = 3000\ Pa$

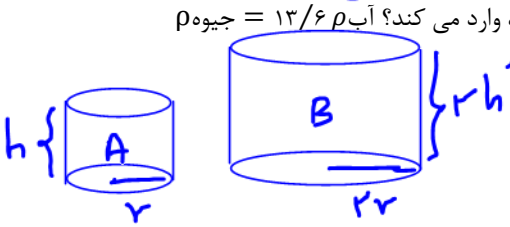
$P = \frac{F}{A} \rightarrow 3000 = \frac{F}{200 \times 10^{-4}} \rightarrow F = 3000 \times 200 \times 10^{-4} = 60\ N$

✓ در ظرف های منشوری شکل، مانند شکل های مقابل، نیروی وارد بر کف ظرف از طرف مایع با وزن مایع درون ظرف هم اندازه است.



منشوری شکل

مثال: ابعاد ظرف استوانه ای B دو برابر ابعاد ظرف استوانه ای A است. ظرف A را پر از آب می کنیم و هم جرم با آب در استوانهٔ B جیوه می ریزیم. فشاری که آب بر کف ظرف وارد می کند، چند برابر فشاری است که جیوه بر کف ظرف B، وارد می کند؟ $\rho_{جیوه} = 13/6\,\rho_{آب}$ (خارج از کشور-۹۶)

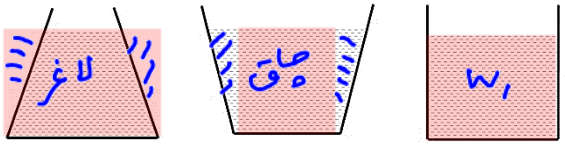


در هر دو شکل نیروی وارد بر کف ظرف برابر است

$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\frac{F}{\pi r^2}}{\frac{F}{\pi (2r)^2}} = \frac{1}{\frac{1}{4}} = 4$

۱) $\frac{1}{13/6}$
۲) $\frac{1}{4}$
۳) ۱۳/۶
۴) ۴ ✓

مثال: در سه ظرف مطابق شکل، که مساحت کف آنها با هم برابر است، تا ارتفاع مساوی آب ریخته ایم. الف) وزن مایع درون ظرف ها را با هم مقایسه کنید. ب) فشار آب در کف ظرف ها را با هم مقایسه کنید. پ) نیروی وارد بر کف هر ظرف را با وزن مایع درون آن ظرف مقایسه کنید.

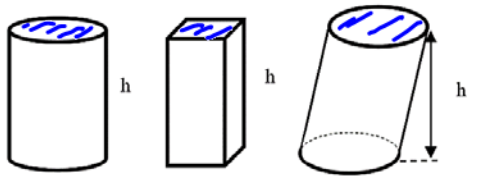


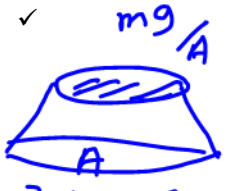
از طرف مایع

الف) $W_2 > W_1 > W_3$ ب) $P = \rho g h \rightarrow P_1 = P_2 = P_3$

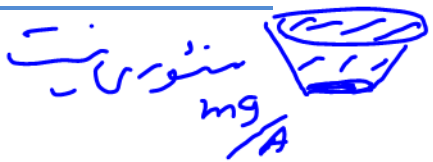
پ) $F_1 = W_1$ و $F_2 < W_2$ ، $F_3 > W_3$

✓ برای **اجسام جامد منشوری شکل**، مطابق شکل های مقابل، وقتی روی یک سطح افقی قرار می گیرند، نیز می توان فشار ناشی از وزن جسم بر سطح تماس اش با سطح تکیه گاه را از رابطهٔ $P = \rho g h$ محاسبه کرد. یکاهای SI در رابطهٔ فوق فراموش نشود.

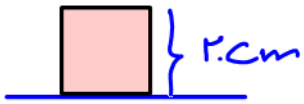




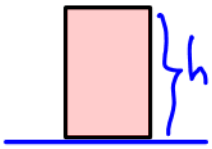
منشوری نیست



مثال: یک مکعب چوبی به چگالی ۰/۸گرم بر سانتی متر مکعب و طول ضلع ۲۰cm روی یک سطح افقی قرار دارد. فشاری که مکعب بر سطح تماس خود وارد می کند، چند پاسکال است؟ $g=10\frac{m}{s^2}$



مثال: مکعب فلزی توپُری به ابعاد ۵cm×۴cm×۲cm و چگالی $8\frac{g}{cm^3}$ از طرف یکی از وجه هایش روی سطح افقی قرار می گیرد. بیشترین فشاری که مکعب می تواند بر سطح وارد کند، چند پاسکال است؟ $g=10\frac{m}{s^2}$ (سراسری-۹۸-ریاضی)



۱) $1/6\times10^2$
۲) 4×10^2
۳) $1/6\times10^3$
۴) 4×10^3 ✓

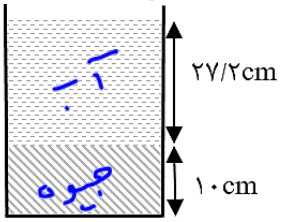
✓ **یکای سانتی متر جیوه (cmHg)**

یکی از یکاهایی که برای فشار استفاده می شود، سانتی متر جیوه (cmHg) است. مثلاً وقتی می گوییم، فشاری ۱۰cmHg است به این معنا است که فشار مورد نظر، معادل فشار وارد بر کف ظرفی است که تا ارتفاع ۱۰cm در آن جیوه ریخته شده است. برای تبدیل فشار ، از **پاسکال** به **سانتی متر جیوه** و بر عکس همواره از رابطهٔ مقابل استفاده می کنیم: $P_{(Pa)}=(\rho gh)_{Hg}$

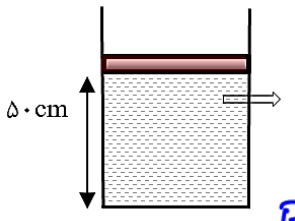
توجه داریم که در این رابطه، h بر حسب متر وارد و یا به دست می آید.

مثال: الف) ۹۵۲۰۰ پاسکال برابر چند cmHg است؟ ب) ۲۰cmHg برابر چند پاسکال است؟ $\rho_{\text{جیوه}}=13600\frac{kg}{m^3}$

مثال: در ظرفی مطابق شکل، جیوه و آب ریخته ایم. فشار ناشی از این دو مایع بر کف ظرف چند سانتی متر جیوه است؟ $\rho_{\text{جیوه}}=13/6\frac{g}{cm^3}$ و $\rho_{\text{آب}}=1\frac{g}{cm^3}$



مثال: در شکل مقابل جرم پیستون ۳kg و شعاع آن ۴cm است. الف) فشار حاصل از پیستون و مایع درون ظرف، در کف ظرف چند پاسکال است؟ ب) این فشار برابر چند سانتی متر جیوه است؟ $\pi\approx3$ و $\rho_{\text{جیوه}}=13/6\frac{g}{cm^3}$



$\rho=4/19\frac{g}{cm^3}$

مثال: لولهٔ بلندی به صورت قائم نگه داشته شده و در آن تا ارتفاع ۴cm جیوه ریخته شده است. اگر فشار هوا $1/0336\times10^5 Pa$ باشد، ارتفاع جیوهٔ درون لوله را به چند سانتی متر برسانیم تا فشار در ته لوله دو برابر شود؟ $g=10\frac{m}{s^2}$ و $\rho_{\text{جیوه}}=13/6\frac{g}{cm^3}$ (سراسری-۹۷)

۱) ۸۴ ✓
۲) ۸۲
۳) ۸۰
۴) ۷۸